



La pluviométrie dans le Bassin du LacTchad

Alain BEAUVILAIN
Géographe, CNAR - N'Djamena

Beauvilain A., 1996. La pluviométrie dans le bassin du Lac Tchad. In : Atlas d'élevage du bassin du Lac Tchad = Livestock atlas of the Lake Chad basin. De Zborowski Isolde. CIRAD-EMVT-Service Infographie-Cartographie (FRA). Wageningen : CTA, 11-21. ISBN 2-87614-248-1

Le régime des précipitations dans le Bassin du Lac Tchad est le résultat de l'interaction des deux grandes masses d'air anticyclonique intertropical, celle de l'air continental sec et chaud, centré sur le Sahara, et celle de l'air tropical humide de l'anticyclone de Sainte-Hélène. Entre les deux soufflent des vents de secteur est, les alizés, dont la rencontre crée la zone de convergence intertropicale où des phénomènes d'ascendance ont lieu, au terme desquels l'air retournera dans chaque hémisphère, créant ou renforçant les anticyclones subtropicaux. Une circulation atmosphérique grossièrement méridienne se développe donc au sein de cellules atmosphériques, les cellules de Hadley, qui sont localisées de part et d'autre de l'équateur. L'ensemble suit le mouvement apparent du soleil entre les tropiques, avec un décalage dans le temps et une amplitude plus faible dans l'espace.

Au cours de l'été boréal, les basses pressions intertropicales prennent de l'ampleur sur le continent et sont attirées par la dépression relative produite par la surchauffe des basses couches de l'air de l'anticyclone continental et elles s'enfoncent en coin sous cet air de subsidence. Le contact entre ces deux masses d'air forme le front intertropical (F.I.T.). L'air humide des alizés maritimes, qui ont pris, en raison de la force de Coriolis, la direction sud-ouest/nord-est en franchissant l'équateur et qui apportent la mousson, se trouve en contact avec l'air sec de l'alizé continental, l'harmattan, qui vient de l'est et du nord-est. Des formations orageuses, donnant lieu à précipitations, se forment en arrière de ce front. La plus ou moins grande amplitude de la remontée vers le nord de l'air maritime, liée également aux déplacements latitudinaux des jet-streams d'est, entraîne la plus ou moins grande abondance des précipitations sur les zones soudanienne et sahélienne.

L'importance des pluies varie selon l'épaisseur de cette mousson. Au-dessous de 2 000 mètres d'épaisseur, il se produit des lignes de grains qui se déplacent d'est en ouest. Les cumulonimbus créés alors produisent des pluies, certes de faible durée et d'extension spatiale réduite, mais dont la forte intensité et les gouttes de taille supérieure à 2 millimètres favorisent le ruissellement et l'érosion. Quatre-vingts pour cent des amas nuageux de la zone sahélienne relèveraient de ces lignes de grains. Au-dessus de 2 000 mètres d'épaisseur, les pluies sont prolongées, à caractère continu mais d'intensité faible à moyenne avec des

Tableau 1 : Les principales stations.
Table 1 : Main rainfall stations used.

	Coordonnées géographiques Coordinates	Données disponibles Years of data
Tchad		
N'Djaména	12° 08' N ; 15° 02' E ; 295 m	1905-1993 sauf 1909, 1914-1931, 1980
Bébedjia	8° 41' N ; 16° 34' E ; 395 m	1940-1993
Bol	13° 28' N ; 14° 44' E ; 291 m	1908-1993 sauf 1909-1912, 1920-1937, 1979, 1984
Bongor	10° 17' N ; 15° 22' E ; 328 m	1930-1993 sauf 1932-1934, 1936, 1948
Mao	14° 07' N ; 15° 19' E ; 356 m	1933-1993 sauf 1935-39, 1941-42, 1947-48, 1970, 1972-76, 1978-79, 1981, 1983
Moissala	8° 20' N ; 17° 46' E ; 382 m	1936-1993 sauf 1940, 1948, 1949, 1984
Moundou	8° 34' N ; 16° 05' E ; 410 m	1933-1993 sauf 1979-1982
Sarh	9° 08' N ; 18° 23' E ; 365 m	1931-1993 sauf 1933-1937
Cameroun		
Garoua	9° 18' N ; 13° 23' E ; 213 m	1906-1993 sauf 1912-1925, 1928
Guider	9° 56' N ; 13° 57' E ; 356 m	1934-1993
Maroua	10° 35' N ; 14° 18' E ; 402 m	1927-1993 sauf 1930, 1932, 1934
Mokolo	10° 44' N ; 13° 49' E ; 795 m	1934-1993 sauf 1949-1951, 1955
Mora	11° 03' N ; 14° 09' E ; 438 m	1934-1993 sauf 1947, 1963, 1965, 1967
Ngoundéré	7° 21' N ; 13° 34' E ; 1113 m	1912, 1927-1993 sauf 1934, 1939
Poli	8° 29' N ; 13° 14' E ; 436 m	1934-1993 sauf 1949-1951
Nigeria		
Kano	12° 03' N ; 8° 32' E ; 472 m	1905-1990
Maiduguri	11° 51' N ; 13° 05' E ; 353 m	1915-1991 sauf 1925
Nguru	12° 53' N ; 10° 26' E ; 343 m	1934-1991 sauf 1988
Potiskum	11° 42' N ; 11° 02' E ; 408 m	1934-1990 sauf 1940
Niger		
Magaria	12° 59' N ; 8° 56' E ; 360 m	1938-1990 sauf 1959
Mainé-Soroa	13° 13' N ; 12° 01' E ; 339 m	1936-1990 sauf 1938
Nguigmi	14° 15' N ; 13° 07' E ; 286 m	1921-1990
Zinder	13° 48' N ; 8° 59' E ; 451 m	1905-1990 sauf 1907, 1910

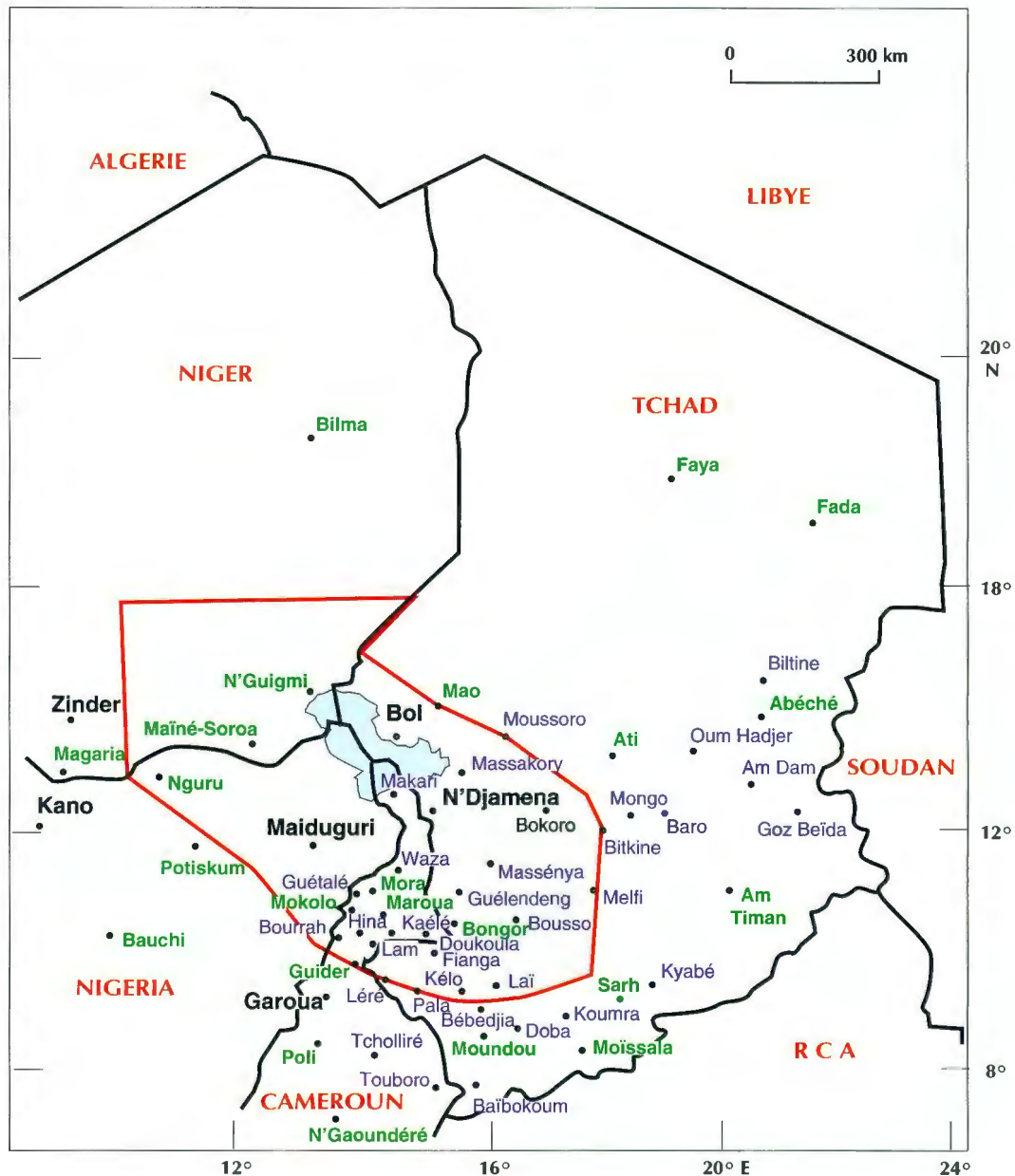
Carte 1
Localisation des stations -



The rainfall regime of the Lake Chad Basin results from the interaction of the two major intertropical anticyclonic air masses. These two masses are the continental, dry and hot air mass centred on the Sahara, and the humid Saint Helena anticyclone. Between these two blow the winds of the eastern sector, known as the "alizés" (trade-winds), and the meeting of which causes the Inter-Tropical Convergence Zone where the air rises. Each air mass eventually returns to its own hemisphere and creates or strengthens the subtropical anticyclones. A generally meridional atmospheric circulation thus develops in the Hadley cells which are situated on each side of the equator. The whole system, with some delay in time and a small variation in space, follows the apparent movement of the sun between the tropics.

During the northern summer, the intertropical low pressure areas swell over the African land mass and are drawn towards the relative depression produced by overheating of the low-level air of the continental anticyclone and they penetrate beneath this subsiding air. The contact area of these two air masses forms the Inter-Tropical Convergence Zone (ITCZ). The humid air of the oceanic winds which carries the "monsoon" and, due to the Coriolis force, travels in a southwest to northeast direction as it crosses the equator, then comes into contact with the dry continental air, known as the Harmattan, blowing from the north or northeast. Storm centres which cause rain form behind this front. The greater or lesser movement of the oceanic air towards the north, which is also affected by the eastern jet stream results in more or less rain in the Sahel and Sudan zones.

Carte 1
Localisation des stations - Stations location



N'Djamena

Potiskum

Mongo

Station disposant de données antérieures à 1920

Station with data prior to 1920

Station créée entre 1920 et 1939

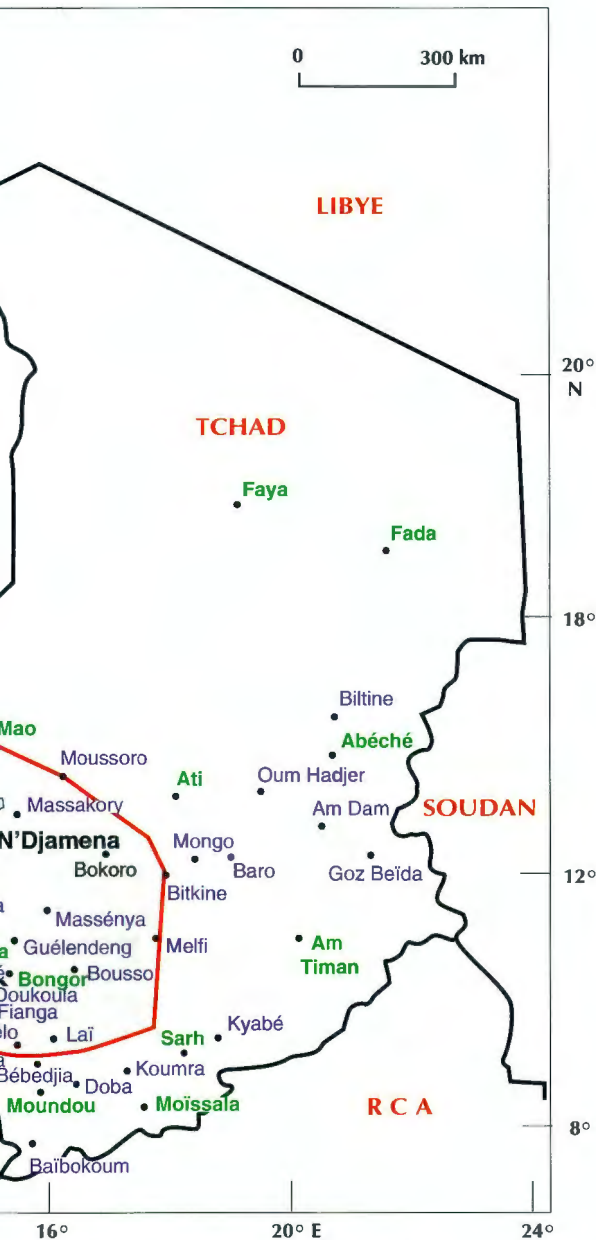
Station created between 1920 and 1939

Station créée depuis 1940

Station created after 1940



Carte 1
Stations - Stations location



Stations with data prior to 1920
Stations created between 1920 and 1939
Stations created between 1920 and 1939
Stations created after 1940
Stations created after 1940

gouttes inférieures à 2 millimètres. Ces pluies, émises par des formations nuageuses à l'intérieur de la mousson, surviennent surtout au coeur de la saison des pluies et rarement au nord de l'isohyète 1 000 mm.

La plus ou moins forte remontée du F.I.T. vers le nord a donc une importance capitale sur le début, la durée et la fin de la saison des pluies, la hauteur, la répartition et le type de précipitations.

Pour le Bassin du Lac Tchad, l'analyse de la pluviométrie s'appuie sur les relevés effectués par les services nationaux de la météorologie, de l'ASECNA (Agence pour la sécurité de la navigation aérienne en Afrique et Madagascar), de la SODECOTON (Société de développement du coton) au Cameroun et de la COTONTCHAD (Société cotonnière) au Tchad. La fiabilité de ces données pose souvent des interrogations, tant les risques d'erreur sont fréquents : erreurs d'observations, erreurs au cours des recopiations successives, erreurs de saisie (BEAUVILAIN, 1985 et 1989). Aussi, pour avoir des séries longues et cohérentes, nous nous limitons aux données fournies par les stations les plus anciennes et, au Cameroun et au Tchad, à chaque fois que les données existent, en utilisant la moyenne des postes d'une même bourgade.

La carte n° 1 localise l'ensemble des stations et le tableau n° 1 les données géographiques et les séries statistiques annuelles disponibles pour les principales stations utilisées. Des données mensuelles existent pour certaines années non mentionnées, tout comme des données mensuelles peuvent ne pas être disponibles pour certaines années dont le total seul est connu. Ces stations échappent au cadre défini pour le Bassin

The amount of rain is thus dependent on the depth of the "monsoon". At thicknesses of less than 2 000 m, rain fronts of cumulonimbus clouds are formed which move from east to west and result in heavy storms of short duration that cover only a small area. Many raindrops in these storms exceed 2 mm in diameter and are thus conducive to heavy runoff and erosion. About 80 per cent of all cloud masses in the Sahel zone are of this type. At thickness of more than 2 000 m, rain is more prolonged but less intense with most drops being less than 2 mm in diameter. This type of rain results from cloud formations in the interior of the monsoon, is more common in the middle of the rainy season, and rarely occurs to the north of the 1 000 mm isohyet.

The distance the ITCZ travels to the north is thus the major influences on the start, the duration and the end of the rains, and the amount, distribution and type of rainfall.

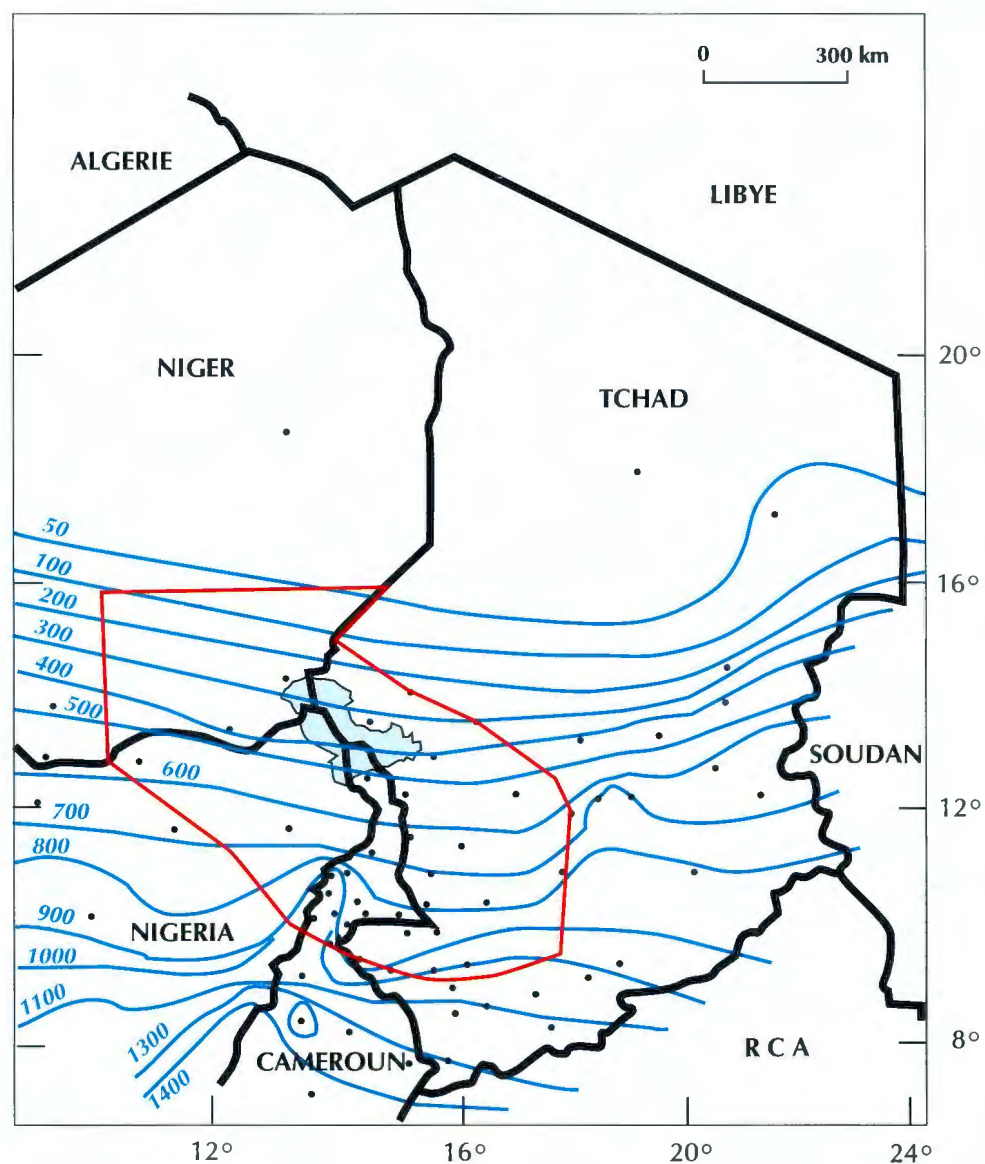
This analysis of rainfall in the Lake Chad Basin is based on data collected by the national meteorological services, ASECNA, SODECOTON in Cameroon and COTONTCHAD in Chad. The reliability of these data is often suspect as there are many sources of error, including those of recording, those involved when data are transferred from one source to another and those resulting from incorrect data entry for analysis (BEAUVILAIN, 1985 ; 1989). In addition, analysis is restricted to stations with the longest series of records and, where data exist for Cameroon and Chad, to the averages of stations in the same area.

Map 1 shows the locations of all the stations. Geographic and time series data are provided in table 1 for the major stations. Data for some months are available in some years that are not indicated and annual totals are sometimes available without totals. Such stations outside the Conventional Basin of Lake Chad have not been subject to the same restrictions in order that information on areas upstream of the basin with long time series can be incorporated in the analyses.

Tableau 2 : Les irrégularités dans le cycle annuel des précipitations (en pourcentage pour les stations créées avant 1940).
Table 2 : Aberrations (per cent) in annual rainfall cycles for stations established prior to 1940.

	mai>juin	juin>juillet	juillet>août	sept.>août	oct.>sept.
Ngaoundéré 8° N	38,8	34,3	48,5	35,3	7,5
Moïssala	29,3	13,8	32,1	18,2	7,3
Poli	28,8	32,2	44,1	49,2	5,1
Moundou	15,5	15,5	37,9	25,4	0,0
Bébedjia 9° N	20,4	5,6	48,1	20,4	1,9
Sarh	25,9	12,1	27,6	24,1	3,4
Garoua	38,0	3,8	26,0	34,2	1,4
Guider 10° N	31,7	20,0	32,6	15,0	10,0
Bongor	19,3	13,8	29,3	12,1	3,4
Maroua	24,2	12,1	15,2	3,0	1,5
Mokolo 11° N	29,8	15,8	40,7	12,1	0,0
Mora	18,6	8,6	31,0	10,9	1,9
Potiskum	26,4	9,6	36,5	11,5	1,9
Maiduguri 12° N	23,7	10,5	30,3	7,9	1,3
Kano	15,1	15,1	20,9	2,3	0,0
N'Djaména	22,6	4,8	24,2	4,8	8,1
Nguru 13° N	18,4	16,3	22,0	6,1	6,1
Magaria	26,0	5,9	40,4	3,8	1,9
Mainé-Soroa	15,4	3,7	27,8	1,8	3,6
Ati	31,2	4,0	25,5	5,6	0,0
Bol	29,8	6,9	19,3	10,5	3,5
Zinder	19,3	6,0	25,3	1,2	3,6
Abéché 14° N	29,6	7,4	12,7	7,4	5,6
Mao	18,6	7,0	26,2	7,5	2,5
Nguigmi	26,9	5,9	14,5	5,7	2,9

Carte 2B
Pluviométrie moyenne - Rainfall average



Conventionnel du Lac Tchad afin de tenir compte des régions éloignées à l'amont de ce Bassin et disposant de stations pluviométriques anciennes.

Dans un contexte topographique caractérisé par de vastes horizons aux formes douces, voire totalement planes, il faut retenir les particularités topographiques de certaines stations, même si leur altitude demeure modeste dans l'absolu en dehors de Ngaoundéré, station la plus méridionale située sur les hauts plateaux de l'Adamaoua, où le Logone prend naissance. Au Cameroun, Garoua est au point le plus déprimé de la cuvette de la Bénoué, Poli, sur la retombée de l'Adamaoua, Guider, au pied sud des monts Mandara, face au flux de mousson, Mokolo, au coeur de ces monts qui forment un petit château d'eau local, Maroua, au contact des influences des plaines et des monts Mandara, et Mora, au pied nord de ces monts. Au Tchad, Bitkine, Mongo et Baro sont installés au pied des reliefs du Guéra tandis qu'Abéché, à 550 mètres d'altitude sur les hauteurs du Ouaddaï, est plus élevé que Kano.

La carte n° 2 présente la pluviométrie annuelle moyenne depuis la création des stations. Le tracé d'ensemble des isohyètes, orienté ouest-nord-ouest à est-sud-est en Afrique de l'Ouest, connaît ici d'importantes inflexions en liaison avec la présence des reliefs : principalement l'axe des monts Alantika, des monts de Poli et des monts Mandara au Cameroun, des monts du Guéra et des reliefs du Ouaddaï au Tchad.

Le Bassin du Lac Tchad connaît une pluviométrie moyenne qui dépasse largement les 1 500 millimètres dans sa partie sud, pour tendre vers des précipitations nulles dans sa partie nord, l'étendue lacustre elle-même étant comprise entre 450 et 200 millimètres. En moyenne et en l'absence d'effets orographiques, le gradient pluviométrique est d'environ 100 millimètres pour 100 kilomètres ou 1 millimètre par kilomètre, un peu plus en zone sahélienne, un peu moins en zone soudanienne.

La carte permet aussi de visualiser l'évolution moyenne de la saison des pluies. Celle-ci connaît généralement son intensité la plus grande au cours du mois d'août. Juillet vient ensuite, puis septembre. Toutefois, à Poli, c'est le mois de septembre qui est le plus pluvieux et à Ngaoundéré

In a topographic context that is gently undulating or even flat it is necessary to take into account the altitude of some stations even if in the absolute this is not very much with the exception of N'Gaoundéré, the southernmost station on the Adamawa plateau, where the Logone rises. In Cameroon, Garoua is at the lowest point of the Benue basin, Poli on the slopes of the Adamawa plateau, Guider at the foot of the Mandara mountains and facing towards the monsoon, Mokolo is in the centre of these mountains, Maroua is at the meeting point of the plains and the mountains and Mora is at the foot of the northern slope of the mountains. In Chad, Bitkine, Mongo and Baro are at the foot of the Guera hills whereas Abeche, at an altitude of 550 m in the Wadai highlands, is higher than Kano.

Average annual rainfall for all the stations since recording began is shown in map 2. The general direction of the WNW-ESE isohyets in West Africa shows some major inflexions due to the presence of hill masses, especially the Alantika, Poli and Mandara mountains in Cameroon and the Gura mountains and Wadai highlands in Chad.

Rainfall in the south of the Lake Chad Basin is well in excess of 1500 mm but is reduced to almost nothing in the north. Around the lake itself rainfall is of the order of 450-200 mm. In the absence of any specific orographic factors the reduction in rainfall is about 100 mm for each 100 km of distance, being slightly more than this figure of 1 mm/1 km in the Sahel zone and slightly less in the Sudan zone.

Map 2 also illustrates the average progression of the rainy season. Rainfall is generally heaviest in August with July being next and then September. At Poli, however, it is September that receives the most rain and at N'Gaoundéré July has the highest rainfall (by an average of 0.8 mm!). At Baïbokoum and Garoua it is September that has the second highest amount of rain. These are of course average figures as variations within years can be considerable (table 2).

The frequency with which May has more rainfall than June reflects the early arrival of rain but without the rainy season starting in earnest.



celui de juillet (en moyenne de 0,8 mm plus élevé !). A Baïbokoum et Garoua, septembre vient au second rang.

Il s'agit là de moyennes car, dans la réalité, les variations dans le déroulement de la saison des pluies sont considérables.

La très fréquente supériorité du mois de mai par rapport au mois de juin suivant traduit une arrivée précoce des pluies mais sans que la saison des pluies s'installe véritablement. Le mois de juin apparaît alors comme sec ce qui, concrètement, se traduit — avec une fréquence atteignant presque partout au moins une année sur cinq — par un échec des premières semailles. Cette fréquence est particulièrement élevée au sud, notamment dans le Bassin de la Bénoué où ces premières pluies peuvent

June therefore often seems to be a dry month which in real terms, and at least once every five years, results in the failure of early sown crops. Dry Junes are more frequent in the south, especially in the Benue basin where the first rains indicate the start of the vegetative cycle of plants. North of the eleventh parrall, May is often wetter than June but as rainfall is in any case so low early sowing is a rare event. June has significantly more rain than July only in the Adamawa or at ist base. July is frequently wetter than August, varying from one year in five to as often as one year in two in the Adamawa. September rains may be more abundant than August rains but this is more or less limited to the south of the area.

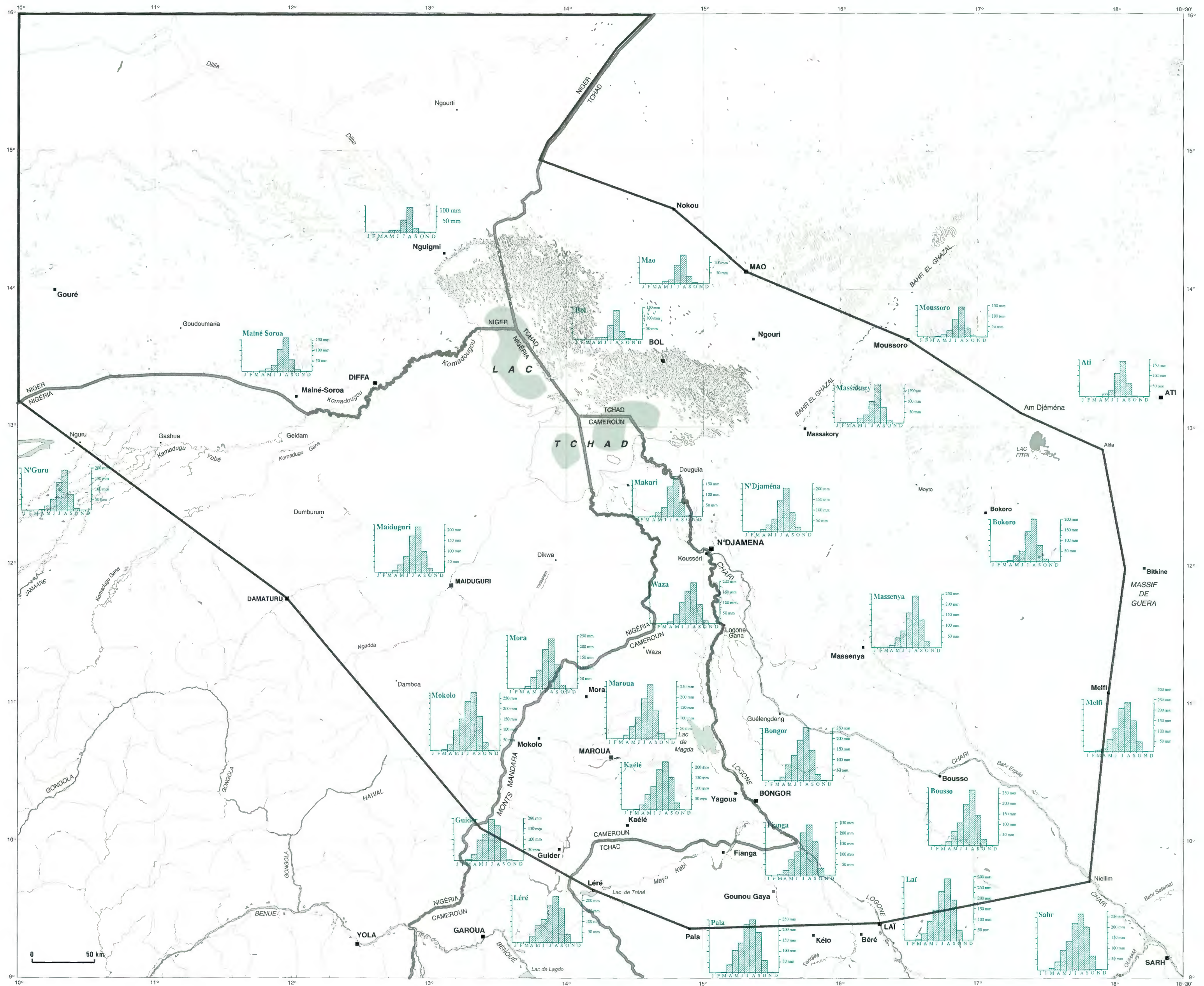
May is more rainy than July in 28.8 per cent of years at N'Gaoundéré,

Tableau 3 : Les précipitations annuelles extrêmes.
Table 3 : Annual extremes of rainfall.

Station	nombre d'années number of years	moyenne mm mean rainfall	la plusfaible - lowest total		la plus forte - highest total		amplitude (%) variation (%)
			mm	date	mm	date	
Tchad							
N'Djamena	70	575,4	226,1	1984	990,1	1959	337,9
Abéché	54	436,0	144,5	1987	898,5	1946	521,8
Adré	34	537,7	225,8	1987	812,9	1957	260,0
Am - Dam	29	637,7	295,0	1990	961,0	1975	225,8
Am Timan	47	811,4	347,0	1983	1187,2	1954	242,1
Ati	47	394,1	163,2	1973	683,4	1964	318,7
Baïbokoum	44	1298,4	880,1	1971	1671,9	1976	90,0
Baro	38	674,9	344,2	1984	1013,3	1952	194,3
Bébedjia	54	1086,7	623,1	1993	1487,8	1955	138,8
Biltine	28	275,2	99,1	1972	769,6	1961	676,6
Bitkine	32	629,6	327,8	1983	895,2	1970	173,1
Bokoro	39	514,5	237,1	1973	792,6	1950	234,3
Bol	56	262,4	46,1	1913	699,5	1954	1417,3
Bongor	58	836,0	428,8	1983	1149,0	1953	167,9
Boussou	47	837,1	489,3	1985	1172,3	1988	139,6
Doba	46	1072,3	763,8	1993	1462,2	1954	91,4
Fada	49	73,4	0	-	191,5	1954	-
Faya Largeau	49	14,6	0	-	102,7	1936	-
Fianga	46	844,4	576,8	1984	1071,2	1969	85,7
Goz-Beïda	36	620,2	409,6	1987	871,4	1988	112,7
Guélandeng	32	685,4	400,9	1984	1079,0	1956	169,1
Kélo	48	1011,1	485,6	1984	1481,5	1960	205,1
Koumra	47	1004,7	732,3	1977	1350,8	1950	84,5
Kyabé	51	966,4	699,7	1985	1360,6	1961	94,5
Laï	48	1024,8	668,5	1973	1492,6	1978	123,3
Léré	48	822,7	605,3	1964	1098,1	1978	81,4
Mao	42	280,1	64,7	1943	637,4	1946	885,2
Massakory	32	420,0	212,3	1983	658,8	1959	210,3
Massénya	36	649,8	366,0	1983	959,2	1991	162,1
Melfi	40	800,8	503,4	1984	1065,2	1956	111,6
Moïssala	54	1123,9	719,7	1989	1484,8	1958	106,3
Mongo	42	724,5	346,7	1984	1172,2	1964	238,1
Moundou	58	1124,0	801,5	1989	1802,9	1939	124,9
Moussoro	37	325,3	94,9	1990	623,6	1953	557,1
Oum-Hadjer	34	398,5	199,4	1973	705,2	1961	253,7
Pala	48	1012,2	679,4	1981	1298,9	1948	91,2
Sarh	58	1030,3	662,5	1984	1465,7	1938	121,2
	72	982,5	590,0	1907	1284,4	1969	117,7
Cameroun							
Garoua	35	982,6	486,2	1985	1532,6	1976	215,2
Bourrah	39	811,0	530,8	1990	1261,7	1953	137,7
Doukoula	46	819,7	600,8	1965	1220,6	1975	103,2
Guider	60	918,1	532,2	1987	1191,6	1988	123,9
Hina Marbak	36	895,7	596,6	1973	1253,8	1976	110,2
Kaélé	50	812,3	380,3	1945	1162,9	1955	205,8
Makari	25	461,4	152,5	1984	949,7	1991	522,8
Maroua	64	792,5	548,1	1944 et 84	1254,7	1991	128,9
Mokolo	56	990,7	723,4	1941	1425,7	1943	97,1
Mora	56	704,3	390,0	1941	1117,0	1938	186,4
Ngauoundéré	66	1541,6	1180,1	1985	2229,4	1931	88,9
Poli	57	1461,6	1037,2	1953	1881,5	1965	81,4
Sir	30	1006,7	674,4	1985	1404,1	1963	108,2
Tcholliré	42	1299,9	922,3	1957	1757,9	1954	90,6
Touboro	32	1230,8	830,0	1987	1609,6	1955	93,9
Waza	25	571,9	381,9	1969	879,3	1970	130,2
Nigeria							
Bauchi	57	1033,3	561,0	1987	1493,0	1946	166,1
Kano	86	815,0	465,1	1983	1234,1	1909	165,3
Maiduguri	76	621,9	239,2	1982	963,5	1939	302,8
Nguru	57	493,0	224,7	1983	868,2	1946	286,4
Potiskum	57	729,0	372,0	1977	1085,0	1936	191,7
Niger							
Bilma	57	18,1	0,1	1975	63,5	1936	269,1
Magaria	52	570,5	258,5	1973	954,0	1954	294,4
Mainé-Soroa	54	372,7	164,9	1987	650,4	1964	1055,0
Nguigmi	70	206,5	40,9	1928	472,4	1961	288,1
Zinder	84	473,1	215,2	1912	835,1	1906	



Carte 2 Pluviométrie annuelle moyenne - Average annual rainfall





en effet marquer le début du cycle végétatif des plantes. Au nord du 11^e parallèle, leur total, bien que supérieur à celui de juin, est en valeur absolue si faible qu’il n’autorise que rarement les semailles. Juin n’est supérieur à juillet que dans l’Adamaoua ou à son pied, pour prendre une réelle signification. En revanche, juillet est souvent supérieur à août avec des fréquences allant d’une année sur cinq à près d’une année sur deux dans l’Adamaoua. De la même manière, mais plus nettement limité à la partie sud, septembre peut être supérieur à août.

Enfin, la proportion de mois de mai plus pluvieux que le mois de juillet passe de 28,8 p. 100 à Ngaoundéré et 21,1 p. 100 à Garoua à 5,2 p. 100 à Moundou et Sarh, 4,5 p. 100 à Maroua, 3,5 p. 100 à Kano, 3,2 p. 100 à N’Djaména, 2,4 p. 100 à Zinder, moins de 1,5 p. 100 à Maiduguri et Nguigmi. La proportion de mois de juillet supérieurs aux mois d’août depuis 1980 est de 50 p. 100 à Maiduguri, ne laissant qu’un taux de 26,6 p. 100 pour la période antérieure. Ces mêmes taux sont respectivement de 45,5 p. 100 et 17,3 p. 100 à Kano, 45,5 et 32,6 p. 100 à Potiskum, 64 et 18,2 p. 100 à Bongor, 50 et 34,8 p. 100 à Moundou, 35,7 et 25 p. 100 à Sarh, 38,5 et 20,4 à N’Djaména alors qu’ils sont de 14,3 et 28,8 à Garoua, 42,9 et 50 p. 100 à Ngaoundéré.

Tableau 4 : Les précipitations mensuelles extrêmes pour six stations.
Table 4 : Extreme rainfall variations for the same month for six stations.

N’Djaména				
	le moins	année	le plus	année
janvier	0,0	-	0,0	-
février	0,0	-	0,5	1942
mars	0,0	-	3,3	1964
avril	0,0	-	53,0	1936
mai	0,0	1983	140,9	1939
juin	2,9	1971	136,5	1938
juillet	49,1	1955	281,4	1938
août	34,2	1984	582,2	1950
septembre	14,0	1990	205,9	1932
octobre	0,0	-	95,0	1942
novembre	0,0	-	16,0	1941
décembre	0,0	-	7,6	1990
Total	100,2	-	1522,3	-
Total extrême réel Actual extreme total	226,1	1984	990,1	1959
Bol				
janvier	0,0		0,0	-
février	0,0		0,0	-
mars	0,0		0,0	-
avril	0,0		8,0	1978
mai	0,0		64,6	1966
juin	0,0		71,5	1968
juillet	3,0	1987	190,8	1961
août	12,8	1913	546,7	1954
septembre	0,0		135,4	1970
octobre	0,0		57,5	1955
novembre	0,0		0,0	-
décembre	0,0		0,0	-
Total	15,8		1074,5	-
Total extrême réel Actual extreme total	46,1	1913	699,5	1954
Garoua				
janvier	0,0		0,0	-
février	0,0		6,3	1942
mars	0,0		40,9	1909
avril	0,0		175,0	1984
mai	12,5	1961	232,2	1991
juin	42,6	1971	243,2	1958
juillet	74,1	1950	372,1	1931
août	30,4	1946	481,0	1969
septembre	74,2	1983	293,0	1939
octobre	5,8	1983	186,1	1943
novembre	0,0		28,9	1981
décembre	0,0		38,8	1960
Total	239,6		2097,5	-
Total extrême réel Actual extreme total	590,0	1907	1344,8	1963
Kano				
janvier	0,0		0,7	1928
février	0,0		6,4	1939
mars	0,0		34,5	1943
avril	0,0		85,0	1968
mai	0,7	1956	221,0	1909
juin	24,3	1990	283,8	1965
juillet	37,9	1977	379,1	1931
août	52,8	1984	488,5	1988
septembre	30,5	1949	276,1	1938
octobre	0,0		100,1	1932
novembre	0,0		3,4	1954
décembre	0,0		0,0	-
Total	146,2		1878,6	-
Total extrême réel Actual extreme total	465,1	1983	1234,1	1909

Maiduguri				
	le moins	année	le plus	année
janvier	0,0		14,0	1924
février	0,0		6,6	1942
mars	0,0		9,9	1954
avril	0,0		59,2	1963
mai	0,0	1956	89,2	1972
juin	7,4	1937	176,5	1954
juillet	39,1	1972	335,5	1959
août	15,5	1919	462,8	1967
septembre	0,3	1991	233,2	1938
octobre	0,0		170,4	1939
novembre	0,0		8,1	1947
décembre	0,0		2,5	1990
Total	62,3		1567,9	-
Total extrême réel Actual extreme total	239,2		963,5	1939
Zinder				
janvier	0,0		0,8	1955
février	0,0		4,4	1965
mars	0,0		10,5	1983
avril	0,0		20,6	1948
mai	0,0		157,7	1953
juin	0,0		114,5	1955
juillet	33,9	1966	315,0	1906
août	60,3	1984	472,0	1906
septembre	0,0	1921	182,4	1952
octobre	0,0		46,0	1928
novembre	0,0		4,5	1928
décembre	0,0		15,0	1909
Total	94,2		1343,4	-
Total extrême réel Actual extreme total	215,2	1912	800,3	1946

21.1 per cent at Garoua, 5.2 per cent at Moundou and Sarh, 4.5 per cent at Maroua, 3.5 per cent at Kano, 3.2 per cent at N’Djamena, 2.4 per cent at Zinder, and less than 1.5 per cent at Maiduguri and N’Guigmi. The proportion of years at Maiduguri since 1980 with July having more rainfall than August has been 50 per cent, compared to 26.6 per cent for earlier years. The figures are 43.5 and 17.3 per cent at Kano, 45.5 and 32.6 per cent at Potiskum, 64.0 and 18.2 per cent at Bongor, 50 and 34.8 per cent at Moundou, 35.7 and 25.0 per cent at Sarh and 38.5 and 20.4 per cent at N’Djamena. At Garoua and N’Gaoundéré the reverse has happened with 14.3 per cent and 42.9 per cent of wetter Julys since 1980 and 28.8 per cent and 50 per cent before 1980.

N’Gaoundéré and Garoua thus show a different pattern from the other stations with the early arrival of the rainy season often being followed by a dry spell at the end of June and during July.

It thus seems clear that the rainy season, especially in the south, on the Adamawa and in the Benue basin, has two maxima corresponding with but slightly later than the overhead passage of the sun. This situation allows two crops of maize in the southern part of the zone and provides a long development period for pastures while ensuring an early rise of the waters of the Logone and a long period of flooding.

Variations in the progression of the rainy season when compared to the long term average in areas where most rainfall occurs in August illustrate the effects of the vagaries of the climate on crop production and the consequent precariousness of small holder farming. The very considerable long term variations (table 3) have even more serious repercussions on human activities.

The amount of variation is very large even for stations with short run data. Variation also increases rapidly from south to north, from values of less than 100 per cent for stations south of 10°N to infinity at the desert stations where in some years there is no rain at all. The major variations between years are paralleled by those between the same months (table 4).

Even though table 4 shows totals that approach the absurd it has to be recognized that the extremes have actually occurred. Whereas these extremes did not occur in the same year some years have witnessed a succession of months with very poor rainfall.

Data for N’Djamena (figure 1) clearly illustrate the variations that can occur and also the fact that two extreme years often follow each other, as do 1935 and 1936, 1959 and 1960 and 1990 and 1991. The situation is similar for all rainfall stations and simple recording of chronological events does not allow observation of the evolution of such years.

In addition, in order to show the periodic dry and wet phases, two



Les stations de Ngaoundéré et de Garoua présentent donc des situations très différentes des autres : arrivée précoce de la saison pluvieuse, souvent suivie d'un épisode de sécheresse fin juin et début juillet ; le mois de juillet y devient moins fréquemment supérieur au mois d'août depuis 1980, contrairement aux autres stations.

Il apparaît donc nettement que la saison des pluies se présente fréquemment, surtout au sud, sur l'Adamaoua et dans le Bassin de la Bénoué, avec deux maxima correspondant, avec un décalage au passage du soleil au zénith du lieu. Cette situation peut permettre deux cultures annuelles de maïs dans la partie méridionale et favorise une longue période propice au développement des pâturages, tout en assurant une remontée précoce des eaux du Logone puis le prolongement de la durée de la crue.

En revanche, les écarts dans le déroulement de la saison des pluies, par rapport à la courbe moyenne où le maximum est atteint en août, montrent la fréquence des aléas climatiques sur le développement des cultures et sa conséquence : la précarité des paysanneries.

Toutefois, les variations pluriannuelles ont des répercussions encore plus considérables sur les activités humaines tant leur importance est grande.

L'amplitude absolue, très forte, y compris pour des stations de création récente, croît rapidement du sud vers le nord, passant de valeurs inférieures à 100 p. 100 au sud du 10^e parallèle à l'infini dans les stations désertiques où certaines années ne connaissent pas de pluie.

Si les variations entre les totaux annuels sont importantes, les variations pour un même mois le sont tout autant.

Si ce tableau 4 des extrêmes mensuels aboutit à des totaux proches de l'absurde, il faut retenir que ces extrêmes ont bien existé mais que c'est leur enchaînement au cours d'un même cycle qui n'a pas eu lieu, encore que certaines années sèches aient connu des successions de mois très déficitaires.

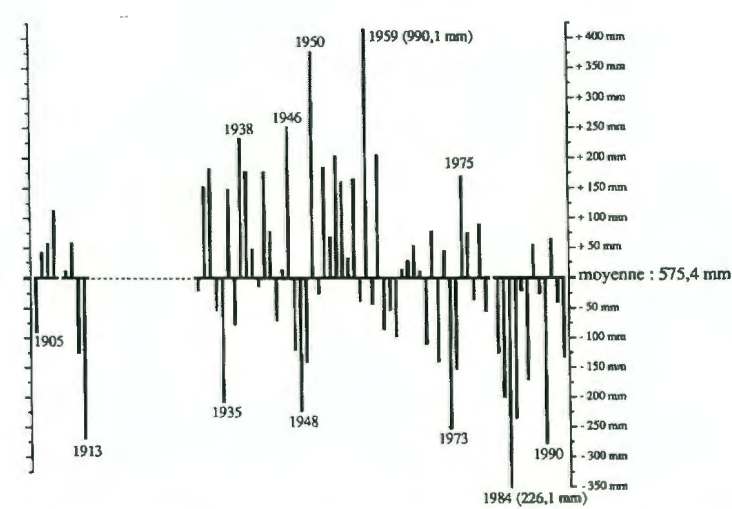
Le graphique n° 1 représentant les données disponibles de la pluviométrie annuelle de N'Djaména montre bien l'ampleur des variations qui font se succéder si souvent deux années extrêmes comme les couples d'années 35 et 36, 59 et 60 ou 90 et 91. Cette situation est valable pour l'ensemble des postes pluviométriques, et la seule observation des faits chronologiques ne permet pas de connaître l'évolution.

Aussi, pour pouvoir appréhender les successions de périodes sèche et humide, il a été établi deux types de graphiques : celui de la moyenne mobile sur trois ans (moyenne calculée sur l'année considérée et les deux années antérieures) et celui de la moyenne mobile sur neuf ans (moyenne "classique" avec l'année considérée, les quatre années antérieures et les quatre années postérieures). Les exemples établis pour N'Djaména (graphiques 2 et 3) traduisent les apports de chacun d'eux. Le premier type donne une bonne image des variations sur le court terme telles qu'elles sont ressenties par le milieu naturel, végétation et nappes phréatiques, et par les sociétés humaines. En effet, pour celles-ci, les réserves vivrières peuvent permettre de subsister pendant deux ou trois mauvaises récoltes tandis qu'une année favorable peut reconstituer les greniers d'un seul coup. Le second type exprime les tendances longues de la pluviométrie. Les cartes n° 3 et n° 4 représentent ces deux types de graphiques tout en les spatialisant.

La carte n° 3 des moyennes mobiles sur trois ans exprime bien la succession des épisodes secs et humides.

La dernière période sèche, la plus grave du siècle tant par sa dureté que par son extension spatiale, a commencé en 1983 à Nguigmi et Ngaoundéré, 1982 à N'Djaména, 1981 à Bol, 1977 à Sarh et Maiduguri, 1972 à Kano et Bongor... En fait, les courbes montrent que la tendance au déficit débute bien plus tôt : 1968 à Kano et Ngaoundéré, 1967 à Maroua et Zinder, 1965 à Sarh, 1964 à N'Djaména, Nguigmi et Maiduguri, 1958 à Bébedjia, même s'il se présente quelques petites phases excédentaires, le plus fréquemment en 1968-1970 et 1978-1980. Alors que cette période semble s'accroître à Ngaoundéré, Sarh et Bébedjia, elle diminue à N'Djaména et Bongor et semble apparemment terminée à Garoua et Poli (depuis 1990), Maroua (1991), Mokolo (1992).

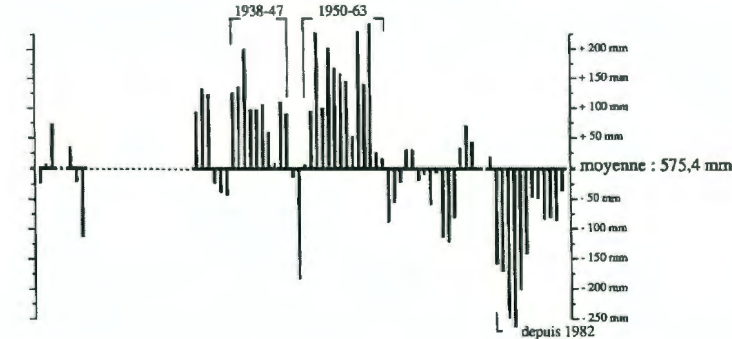
La période sèche précédente se situe globalement au cours de la décennie 40 mais avec des exceptions notables. Ainsi, alors que la période 1939-1946 est sèche à Maroua, la période 1938-1947 est humide à N'Djaména et celle de 1928 à 1948 l'est à Zinder.



Graphique 1 : N'Djaména, pluviométrie moyenne sur 70 ans : 575,4 mm. Pluviométrie annuelle.

Graphique 1 : N'Djaména rainfall. 70 years average rainfall. Annual rainfalls.

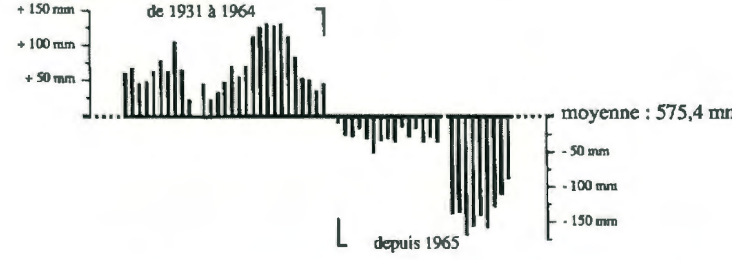
types of graphs have been produced. One is the running mean over three years, calculated on the year being considered and the two years previous to it. The other is the "classic" running mean of nine years, being the year under consideration and the four previous and four subsequent years. The examples for N'Djaména (figure 2, figure 3) indicate the value of both these methods. The first gives a good indication of short term variations as they affect the natural environment, the vegetation and the ground water table and also people. Food stocks allow people to survive for two or three bad years whereas a good year allows them to replenish their granaries. The second shows long term variations in rainfall. Map 3 and map 4 represent these two types and show the spatial variations. Map 3 of 3-year running means clearly shows the succession of dry and wet phases.



Graphique 2 : Pluviométrie à N'Djaména, moyenne sur 70 ans : 575,4 mm. Moyenne mobile sur 3 ans (l'année considérée et les deux années précédentes).

Graphique 2 : N'Djaména rainfall. 70 years average rainfall. Rainfalls running near over three years (considered year and 2 previous).

The last dry period was the most disastrous this century in terms of both duration and area affected. It started in 1983 at N'Guigmi and



Graphique 3 : Pluviométrie à N'Djaména, moyenne sur 70 ans : 575,4 mm. Moyenne mobile sur 9 ans.

Graphique 3 : N'Djaména rainfall. 70 years average rainfall. Mobile average on nine years.

N'Gaoundéré, 1982 at N'Djaména, 1981 at Bol, 1977 at Sarh and Maiduguri, 1972 at Kano and Bongor, and so on. The curves show, in fact, that the decline in rainfall started much earlier (in spite of some short wet periods, usually in 1968-1970 and 1978-1980): 1968 at Kano and N'Gaoundéré, 1967 at Maroua and Zinder, 1965 at Sarh, 1964 at N'Djaména, N'Guigmi and Maiduguri, 1958 at Bébedjia. The dry period seems to be intensifying at N'Gaoundéré, Sarh and Bébedjia but is decreasing at N'Djaména and Bongor and is apparently over at Garoua and Poli (since 1990), Maroua (1991) and Mokolo (1992).

The preceding dry phase generally occurred during the 1940s but there were some notable exceptions. The period 1939-1946 was thus dry at Maroua but 1938-1947 was wet at N'Djaména and 1928-1948 was wet at Zinder.

Isohyètes moyennes par décennie

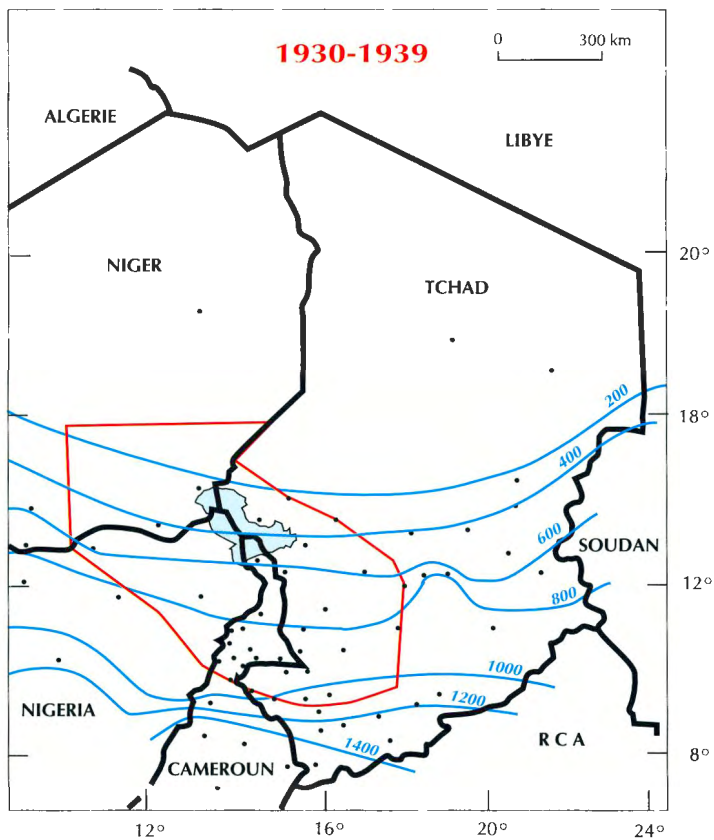


Figure 5

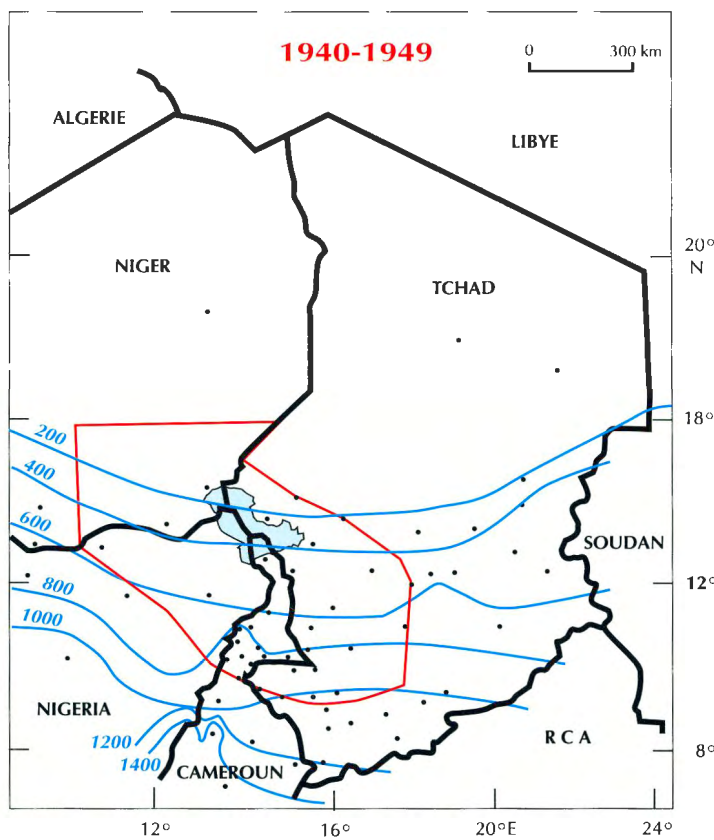


Figure 6

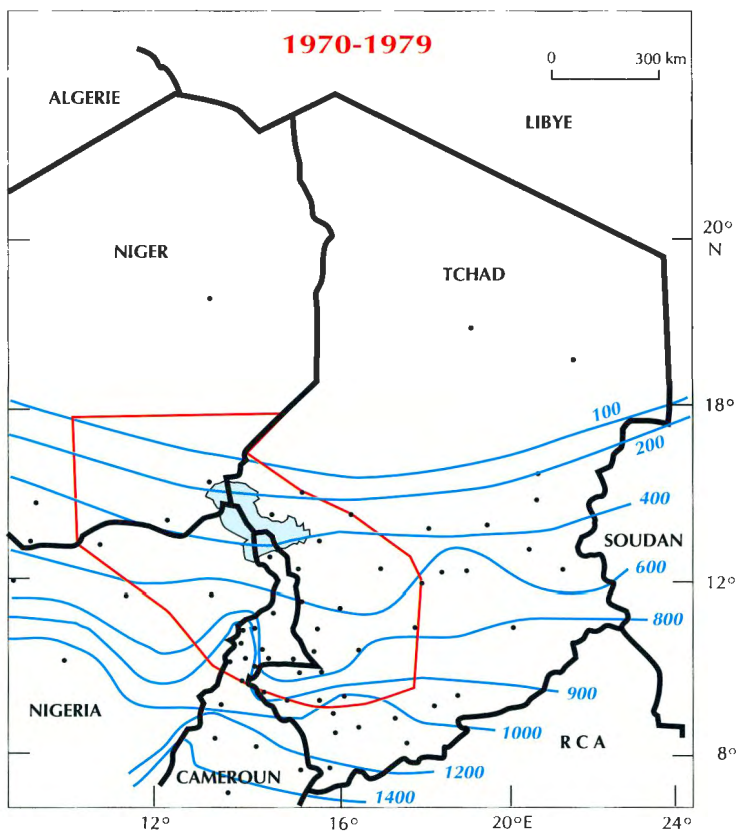


Figure 9

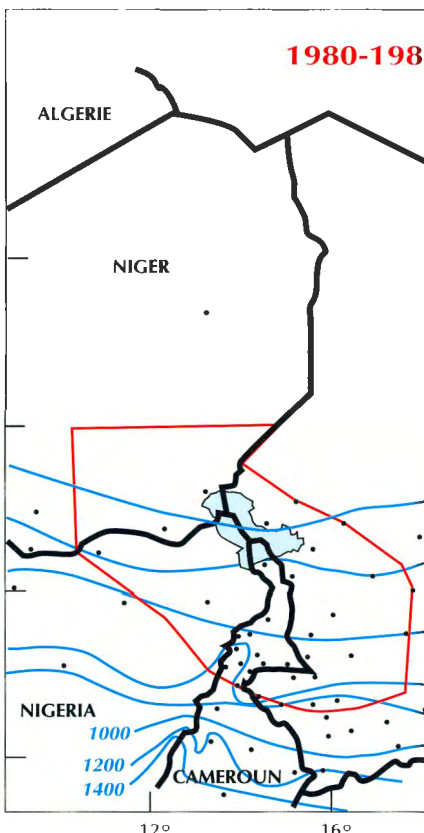


Figure 10

Entre ces deux périodes sèches des années 1952-1955 à 1963-1966 s'étend une période particulièrement humide. Celle-ci démarre plus tard à Poli et Ngaoundéré et est franchement retardée à Garoua (1959-1971) et surtout à Mokolo (1960-1978) mais avancée à Bébedjia (1943-1957) et à Sarh (début des années quarante à 1964). A N'Djaména, Kano et Zinder, à l'exception de quelques années, cette période humide s'est prolongée sur plusieurs décennies tandis qu'à Garoua, Maroua, Mokolo, Bongor et Nguigmi, humidité et sécheresse se succèdent en séquences brèves.

Si des similitudes peuvent être dégagées au sein des ensembles soudanien et sahélien, de grandes différences sont observables entre des stations proches. Ainsi, à Mokolo, l'année 1944 est au sommet d'un pic humide alors qu'à Maroua, situé à 60 kilomètres, la période est sèche. La situation est inversée en 1948. Aux grandes variations interannuelles s'ajoutent donc de fortes variations spatiales. Ces écarts sont naturellement mis à profit par les populations dans leurs stratégies adaptatives :

A particularly wet period between these two dry phases occurred from 1952/1955 to 1963/1966. This started later at Poli and N'Gaoundéré and much later at Garoua (1951-1971) and especially at Mokolo (1960-1978). It was earlier at Bébedjia (1943-1957) and at Sarh (early 1940s-1964). Except for a few years, this wet period lasted several decades at N'Djamena, Kano and Zinder but at Garoua, Maroua, Mokolo, Bongor and N'Guigmi wet and dry phases followed each other in rapid sequence.

Certain similarities of rainfall patterns can be discerned for each of the Sudan and Sahel zones but there are often considerable differences between stations close to each other. At Mokolo, for example, 1944 was at the height of a wet period but at Maroua, some 60 km away, this period was dry. The reverse situation pertained in 1948. Major spatial variations are thus added to annual ones. This variability is made use of by local people as part of their adaptive strategies: pastoralists move with their animals in search of feed; crop farmers go in search of areas



nnie - Average isohyets by decades

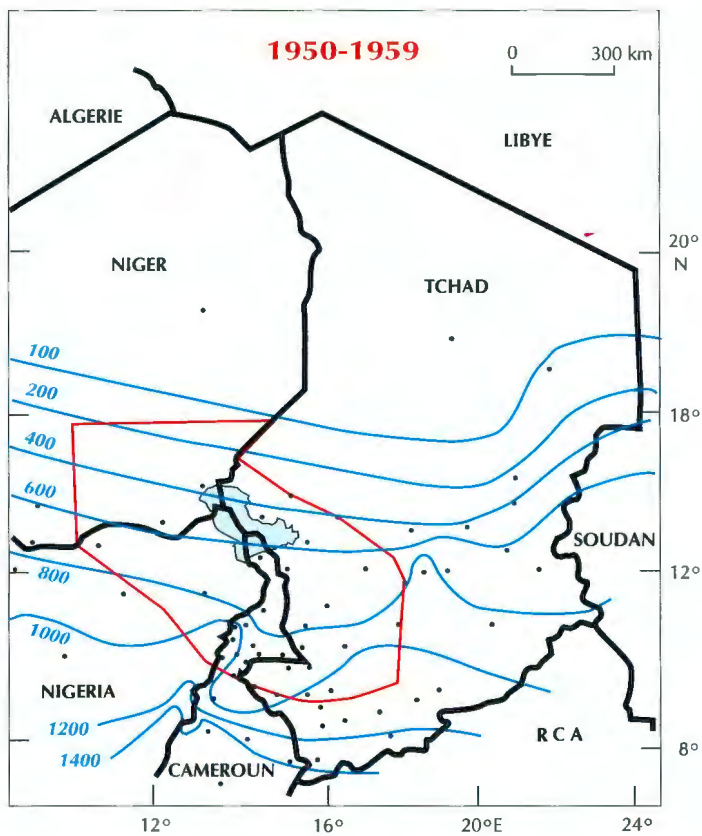


Figure 7

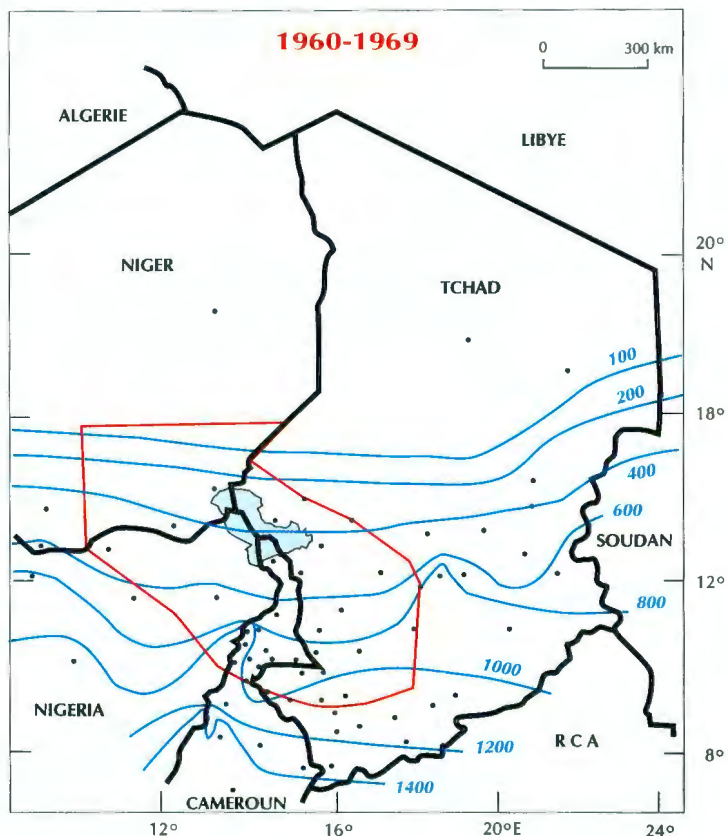


Figure 8

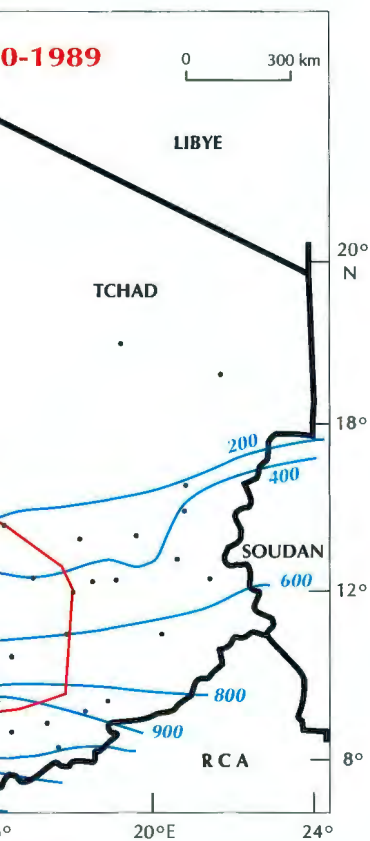


Figure 10

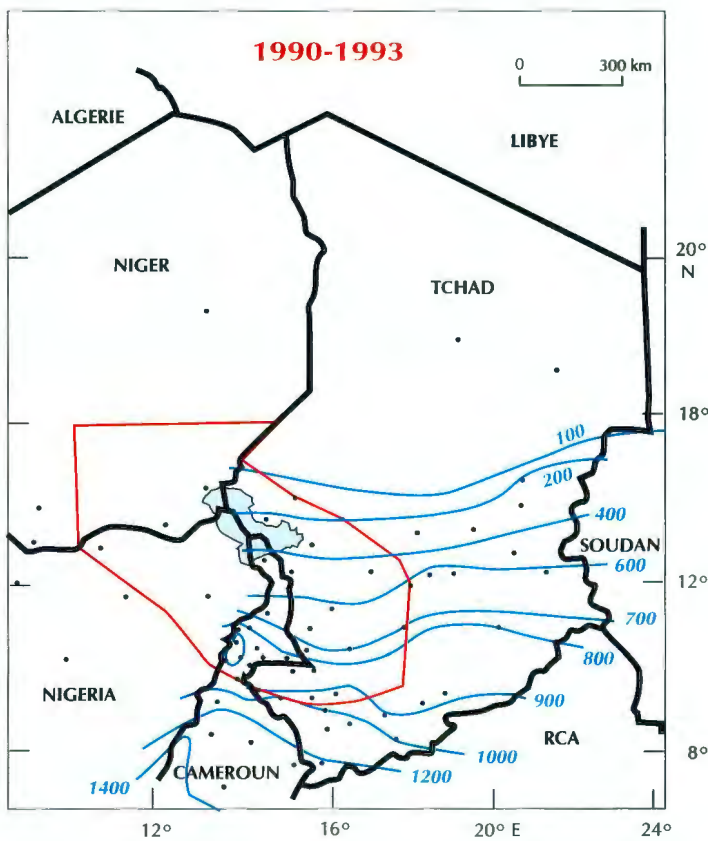


Figure 11

déplacements des éleveurs à la recherche des pâturages, déplacements d'agriculteurs vers les zones excédentaires en céréales, voire exodes de populations lors de disettes prolongées. A de rares exceptions près (1913-1914, 1973, 1984), de vastes ensembles régionaux, voire des États, moins fréquemment toutefois, sont soumis à des déficits graves générateurs de famines, d'où l'intérêt des systèmes d'alertes précoces mis en place, des systèmes d'informations sur les marchés, des achats de céréales effectués par des bailleurs de fonds à l'intérieur des États en vue de distributions d'aide alimentaire et des actions de désenclavement dont l'une des justifications est de mieux redistribuer les récoltes sur les territoires nationaux.

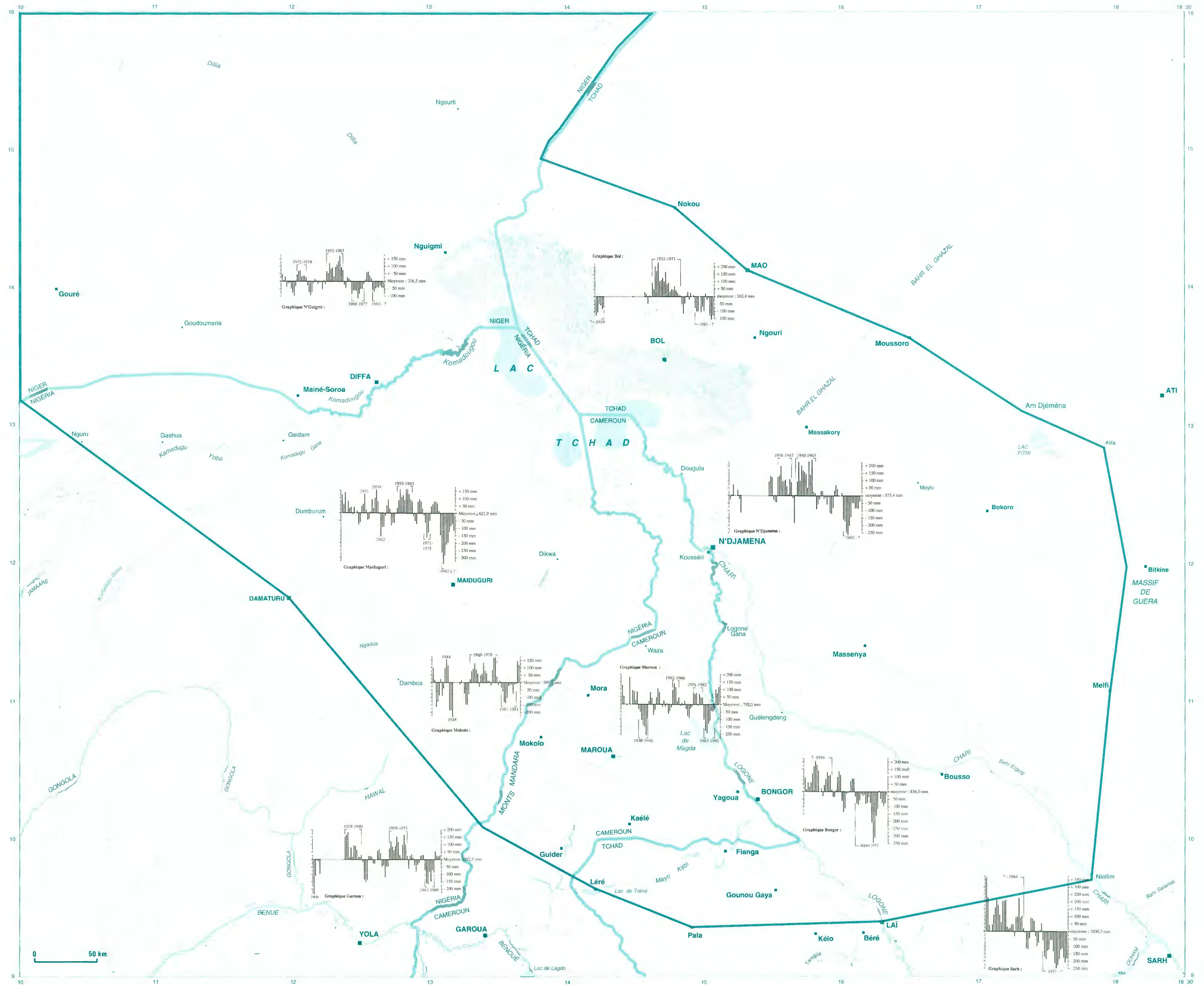
La carte n° 4 des moyennes mobiles établies sur neuf ans pour les stations les plus anciennes révèle nettement les grandes phases climatiques vécues au cours de ce siècle et confirme que la période actuelle est de loin la plus sèche. Pour les quatre stations tchadiennes figurées, il n'y a pas eu d'autres périodes inférieures à la moyenne. Il est vrai que ce sont

where there are surpluses of cereals; and sometimes whole populations migrate if the deficit is long standing. With few exceptions, as in 1913-1914, 1973 and 1984, whole countries and regions are subject to the rainfall deficits that lead to famine. It is for this reason that early warning systems, market information and creation of cereal reserves by donor organizations are important in order that food aid and other actions can be undertaken to balance out the situation.

Map 4, showing 9-year running means of stations with long term data clearly shows the major climatic phases of the 20th century and confirms that the present one is by far the most dry. For the four Chad stations there were no other periods less than the mean although it has to be noted that these are the stations where the continuous records are of the shortest duration. Elsewhere, short dry periods in the wider sense appear in the 1940s. In Cameroon at Garoua and Poli and especially at Maroua and N'Gaoundéré the dry years of the 1940s are clearly illustrated in clear contrast to stations such as Bébedjia, Sarh, Bongor,



Carte 3 Moyennes mobiles sur 3 ans - 3-year running means





les stations où les données continues sont les plus récentes. Ailleurs, de petites séquences plus sèches apparaissent au cours de la décennie 40 au sens large. Au Cameroun, à Garoua et à Poli mais surtout à Maroua et Ngaoundéré, ces années 40 sèches sont bien marquées, contrastant nettement avec des stations comme Bébedjia, Sarh, Bongor, N'Djaména ou Zinder. Enfin, si la dure sécheresse des années 1913-1915 apparaît bien à Zinder, elle n'apparaît pas à Kano. Ailleurs, les stations manquent de données pour cette période.

Sur le long terme, les cycles secs et humides des stations, notamment pour les stations camerounaises, ne sont pas parfaitement synchrones, quand ils ne sont pas opposés, ce qui génère des conséquences économiques et humaines importantes. En particulier, ces différences spatiales de longue durée dans la quantité des précipitations reçues justifient les importants courants migratoires des populations, que ce soit des courants spontanés ou organisés.

Le jeu des petites cartes n° 5 à n° 11 isohyètes moyennes par décennie traduit spatialement ces épisodes secs et humides. La décennie 30-39 apparaît comme de pluviosité moyenne en zone sahélienne, avec l'isohyète 400 mm prenant en écharpe le Lac Tchad, l'isohyète 800 mm accrochée aux reliefs du Guéra, et de médiocre pluviosité en zone soudanienne avec l'isohyète 1 000 mm un peu au nord de Garoua (mais il n'existe que peu de données pour cette décennie). La décennie 40-49 est de pluviosité faible avec l'isohyète 400 mm au sud du Lac Tchad, l'isohyète 800 mm, qui a décroché des reliefs du Guéra où l'isohyète 600 mm n'arrive pas à la remplacer, épouse la forme des monts Mandara et l'isohyète 1 000 mm n'atteint pas Garoua. La décennie 50-59 est de pluviosité abondante avec l'isohyète 400 mm traversant la partie nord du Lac Tchad, l'isohyète 800 mm englobant les reliefs du Guéra et celle des 1 000 mm, jusqu'alors circonscrite aux plus hauts sommets des monts Mandara, qui épouse amplement la forme de ces monts avant de se plier fortement dans la partie la plus déprimée de la cuvette de la Bénoué pour reprendre une position plus septentrionale dans le sud du Tchad.

La décennie 60-69 apparaît presque aussi abondante que la précédente en zone nord sahélienne tandis que l'isohyète 800 mm est pratiquement stable. La décennie 70-79 est par bien des aspects comparable à la décennie 40-49 mais, cette fois, l'isohyète 600 mm englobe les reliefs du Guéra tandis que l'isohyète 800 mm épouse les monts Mandara avant de se replier à nouveau vers le sud jusqu'à la vallée du Mayo Kebbi. La décennie 80-89 est de loin la plus sèche des soixante dernières années avec l'isohyète 600 mm qui a décroché des hauteurs du Guéra, celle des 800 mm étroitement appliquée aux monts Mandara tandis que l'isohyète

N'Djaména or Zinder. Also, the severe drought of 1913-1915 is clear for Zinder but not so for Kano. There are no data for other stations for this period.

Wet and dry periods, especially for Cameroon stations, are not perfectly synchronized in the long term, and sometimes alternate. This has important economic consequences and major effects on the human population. Differences in the long term spatial effects of the amount of rainfall fully justify the migration of people, whether this is spontaneous or organized.

The set of small maps numbered 5 to 11 showing average isohyets for each decade illustrates the spatial variation in dry and wet phases. The 1930s - even though there are few data for this period - is seen to be an average decade in the Sahel zone with 400 mm isohyet traversing Lake Chad, the 800 mm isohyet running along the Guera hills and the less than optimal rainfall in the Sudan zone with the 1 000 isohyet running just to the north of Garoua. The decade of the 1940s had less rain with the 400 mm isohyet to the south of Lake Chad, the 800 mm isohyet well to the south of the Guera hills (and not even replaced by the 600 mm isohyet) and situated in the Mandara mountains, and the 1 000 mm isohyet to the south of Garoua. The 1950s had plentiful rainfall: the 400 mm isohyet crosses the northern part of Lake Chad, the 800 mm isohyet covers the Guera hills and the 1 000 mm isohyet, until then confined to the higher parts of the Mandara mountains now covers the whole of these mountains and bends to its most northerly point in the south of Chad. The decade of the 1960s had almost much rain as that of the 1950s in the northern Sahel and the 800 mm isohyet remained stationary. The 1970s were similar to the 1940s except that the 600 mm isohyet covers the Guera hills and the 800 mm isohyet is over the Mandara mountains and then bends to the south to the Mayo Kebbi valley. The decade of the 1980s is by far the most driest of the last 60 years with all the isohyets to the south of all their previous locations. Finally, the period 1990-1993 is similar to the decade of the 1970s.

Map 12 compares the wettest decade of the recent period (the 1950s) with the driest (the 1980s). Between these two periods the isohyets moved a considerable but variable distance to the south. The 400 mm isohyet thus moved 200-250 km towards the south to the west of Lake Chad, 100 km towards the south in the east but only some tens kilometres in Wadai. At the longitude of Guera the 800 mm isohyet is 300 km to the south, in Nigeria and to the east of Guera it is 200 km to the south but only a few kilometres south at the northern edge of the Mandara mountains.

Bibliographie

BEAUVILAIN ALAIN, 1985. Remarques sur la situation climatique au Cameroun. Revue de géographie du Cameroun, Volume 1, 1985, 1-10.

BEAUVILAIN ALAIN, 1989. Nord-Cameroun, crises climatiques et sociales. Coutances, Imprimerie Bellée, 2 tomes, 310 et 315 pages.



1 000 est bien au sud de Garoua ; c’est celle des 1 200 mm qui épouse les hauteurs des Alantika et des monts de Poli. Enfin, les quatre années 90-93 sont largement comparables à la décennie 70-79.

La carte n° 12 compare les décennies 80 et 50 c’est-à-dire la plus sèche et la plus humide de la période récente, la seule pour laquelle nous disposons de données. Entre ces deux décennies extrêmes, le recul des isohyètes vers le sud est important mais très variables selon les isohyètes et selon les régions. Ainsi l’isohyète 400 mm a reculé d’une moyenne de 200 à 250 kilomètres à l’ouest du Lac Tchad, de 100 kilomètres à l’est, recul limité à quelques dizaines de kilomètres au Ouaddaï ; l’isohyète 800 mm a reculé de 300 kilomètres à la longitude du Guéra, de 200 kilomètres au Nigeria et à l’est du Guéra, de quelques kilomètres à la pointe nord des monts Mandara.

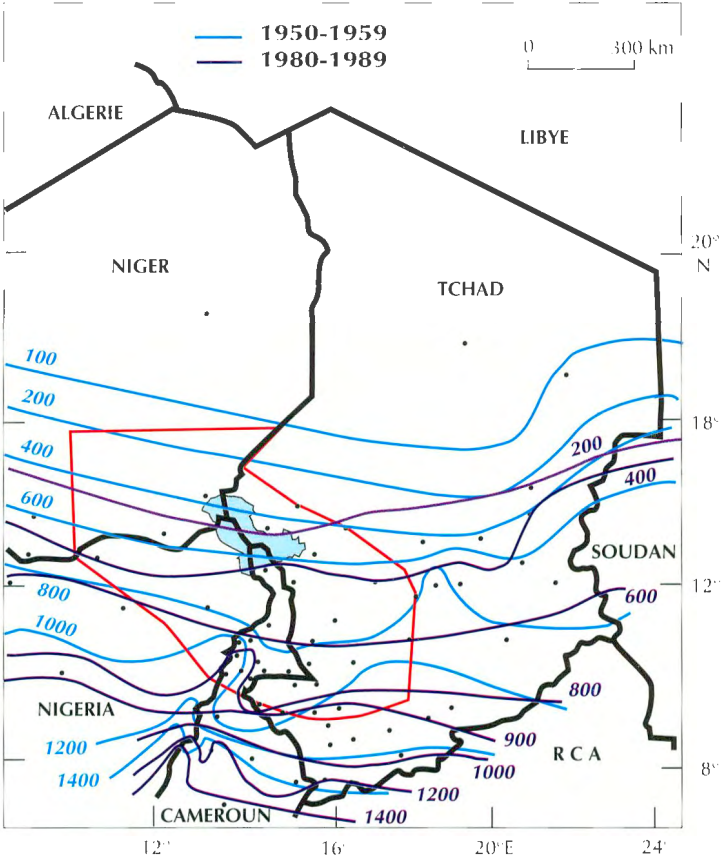
L’importance des faits orographiques est essentielle pour expliquer les déplacements non réguliers des isohyètes car celles-ci se calquent souvent fortement sur les courbes de niveau. La conséquence est que lorsqu’une isohyète “décroche” d’un relief, son recul est d’un seul coup considérable. Les effets sur le couvert végétal ne suivent pas exactement le recul des isohyètes. La nature du substratum joue un rôle important pour maintenir les conditions antérieures ou pour accélérer la dégradation, tout comme les plus ou moins forte pression démographique humaines et animales.

Le désert avance t-il durablement pour autant ? Le jeu de la pluviométrie au cours de ce siècle exprime bien cette notion de rivage entre zones désertique et soudanienne que traduit le mot sahel. Les écarts pluviométriques sont une des données permanentes de la zone. L’erg fossile de Kalfou (au sud de Yagoua, à 10°N), l’erg ennoyé par le Lac Tchad, les peintures rupestres du Sahara sont là pour témoigner de ces fluctuations.

Major orographic effects are responsible for many of these variations as the isohyets are often closely related to contours of altitude. The result is that, when an isohyet becomes “detached” from a particular altitude, its movement can be considerable. Effects on the vegetation do not exactly parallel the recoil of the isohyets as the soil type also has a major effect in maintaining the status quo or in accelerating the rate of degradation as do the effects of man and his animals.

Is the desert inexorably advancing? The effects of the rainfall of the present century clearly support the idea of the “shoreline” which the word “Sahel” translates between the desert and the Sudan zone. Rainfall fluctuations are one of the permanent pieces of information of the zone. The fossil sand sea of Kalfou to the south of Yagoua at 10°N, the dune submerged under Lake Chad and the rock paintings of the Sahara are evidence of these fluctuations.

Carte 12
Comparaison entre les decennies 50 et 80
Comparison between the 1950s and the 1980s



ur la situation pluviométrique actuelle au Nord du
un, Volume V, n° 1, pp. 47 à 62.
in, crises et peuplement. Thèse de Doctorat d’État,
et 315 pages.

Bibliographie

BEAUVILAIN ALAIN, 1985. Remarques sur la situation pluviométrique actuelle au Nord du Cameroun. Revue de géographie du Cameroun, Volume V, n° 1, pp. 47 à 62.

BEAUVILAIN ALAIN, 1989. Nord-Cameroun, crises et peuplement. Thèse de Doctorat d'État, Coutances, Imprimerie Bellée, 2 tomes, 310 et 315 pages.



Carte 4
Moyennes mobiles sur 9 ans - 9-year running means

